

2022

**Kaip išlaisvinti Lietuvos namų ūkius nuo iškastinės
energijos galvos skausmų:
ekonomika, fizika/inžinerija (ir geopolitika) paprastai**



Raimondas Kuodis

LB, VU

[Versija 1.2, 2022.05.17, pastaboms/papildymui]

Turinys

Kam to reikia	2
Į ką reikia investuoti	4
Investicija #1: į saulės elektrinę	5
Investicija #2: šilumos siurblys.....	10
Investicija #3: elektromobilis	15
EV ekonomika.....	21
Nuo namų ūkio prie makro dalykų.....	34

Dėmesio: skaičiai prezentacijoje yra **apytiksliai**, kai kur sąmoningai **suapvalinti**, kad būtų lengviau sekt skaičiavimus.

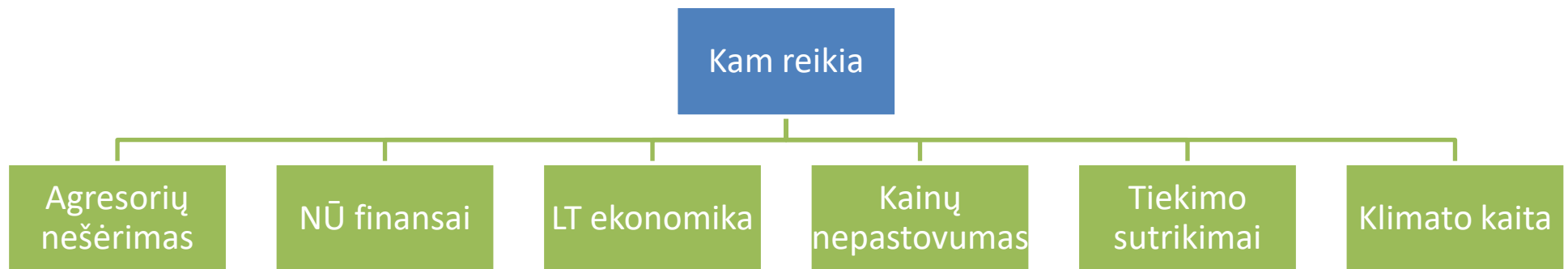
Tikslas yra suvokti skaičių **eilę**.

Galite atlikti skaičiavimus savo **individualiai situacijai** su pridėta Excel skaičiuokle.

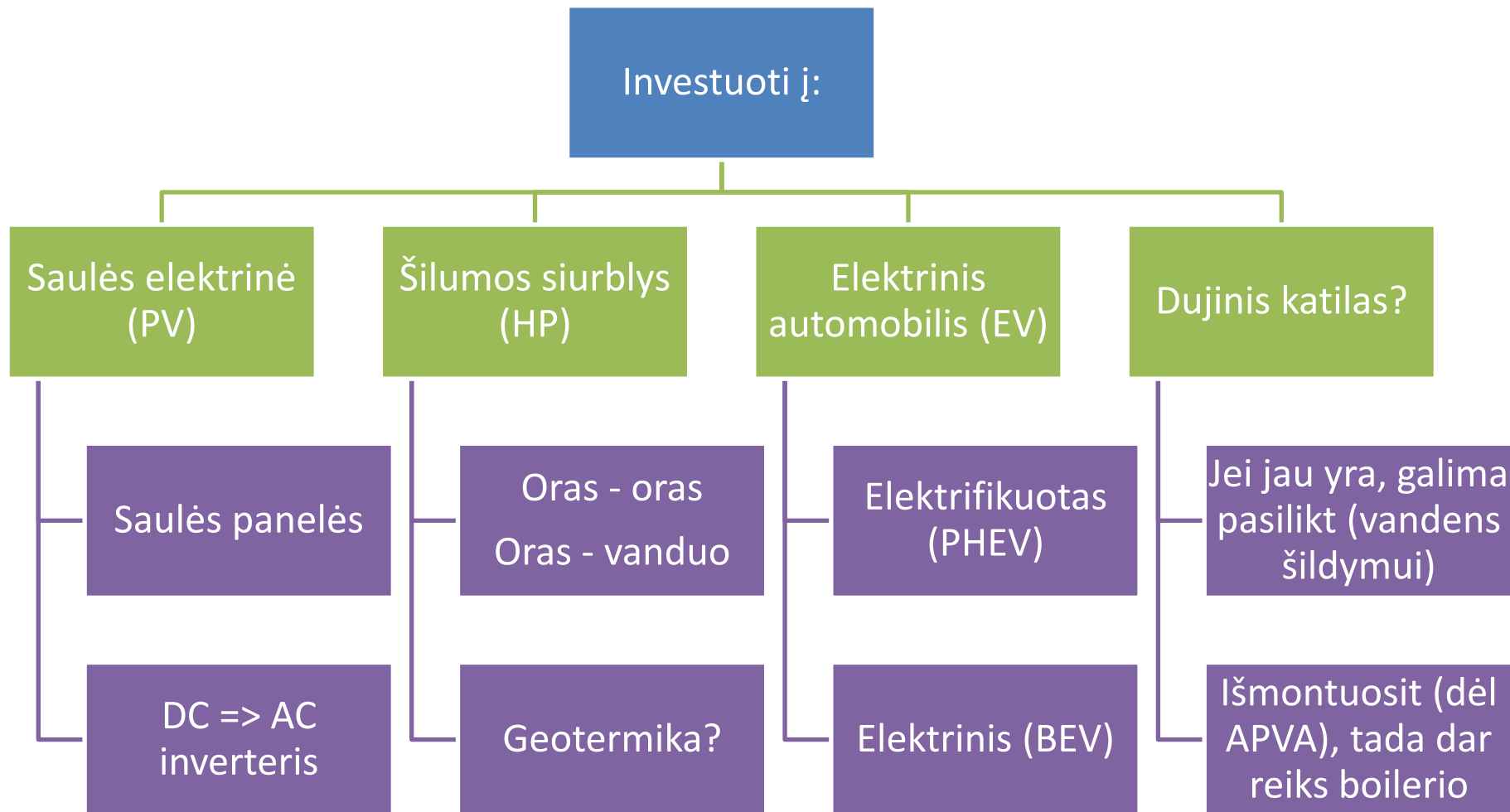
Kam to reikia: plusai

Ukrainos **karas** ir prieš tai buvusi **ES energetinė blokada** tik dar labiau aktualizavo problemą, kuri egzistavo ir prieš tai. Kuo labiau išsilaisvindamas:

- mažini **agresorių šėrimą** ir jų galimybes **manipuliuoti energetikos sistema**;
- pasigerini **namų ūkio finansus**;
- padedi **Lietuvos ekonomikai** – pinigai už importuojamą kurą lieka LT (tiesa, pelnai/palūkanos už paskolas tam tikru mastu iškeliaus irgi, bet daugiausiai skandinavams – jie bent yra taikūs);
- iš esmės apsisaugai nuo energijos **kainų nepastovumo**;
- galima iš dalies apsisaugot nuo galimų energijos **tiekimo pertrūkių**;
- prisidedi prie **klimato kaitos** problemos sprendimo.



Į ką reikia investuoti



Investicija #1: saulės elektrinė

■ Ko reikės:

- namo **stogo** į pietų pusę arba **1 aro žemės** 10kW PV elektrinei;
- maždaug **28 panelių** po 350-400W = 10 kW;
- 10kW inverterio iš DC į AC;
- **įvado galios** pasididinimo pas ESO (paraiškos nagrinėjimas apie 30€; jei reiks stiprint sistemą, tai kiek ESO paskaičiuos – gali būti keli tūkstančiai €).

■ Kiek kainuos:

- 10kW PV elektrinė su montavimu – apie **€6000** (€9000 minus €3000 APVA parama (ne daugiau 10kW));
- 3 dienos, jei norit būti statant. [Stato du montuotojai, viso 6 žmogdienės.]

■ Ką pagamins:

- Metuose yra **8760** h.
- 10 kW nominalo PV elektrinė per 8760 h pagamintų 87 600 kWh...;
- ... bet metuose yra ir naktų, ir debesuotų dienų, ir dienų, kai panelės bus užsnigtos/padengtos (žieda)dulkėm ir t.t.;
- ... ant panelių gali kristi šėšėliai nuo medžių, jų kryptis gali būti netobulai į pietus;
- ... tad tikėkitės 10 000 kWh. Greičiausiai bus kiek mažiau – **9000 kWh**.

■ Kiek eurų „pagamins“:

- jums nebereiks pirkti 9 000 kWh po, tarkim, 15 ct/kWh;
- bet už pasaugojimą energetikams sumokėsit 33% pagamintų kWh. [Arba, tarkim, 5 ct/kWh, jei taip pasirenkat];
- tai bendrai uždirbsit beveik **€1000** – nebloga metinė grąža nuo €6000.

■ Kiek elektros sunaudosit:

- iki elektrinės pastatymo naudodami, tarkim, po 250kWh/mėn., per metus sunaudojate **3 000 kWh**;
- ... tad jums dar **lieka 3 000 kWh**;
- ... energetikai jums už tą 3000 kWh sumokės **nedaug** (<7ct/kWh Ignitis);
- ... tad geriau tą elektros likutį **snaudoti patiems** – šilumos siurbliui ar EV.



Pav. 1. 10 kW saulē elektriskās paneļs (2 bloki po 14 paneļu, ~1 aras).



Pav. 2. 10 kW DC į AC inverteris (namo viduj, paprastai rūsyje).

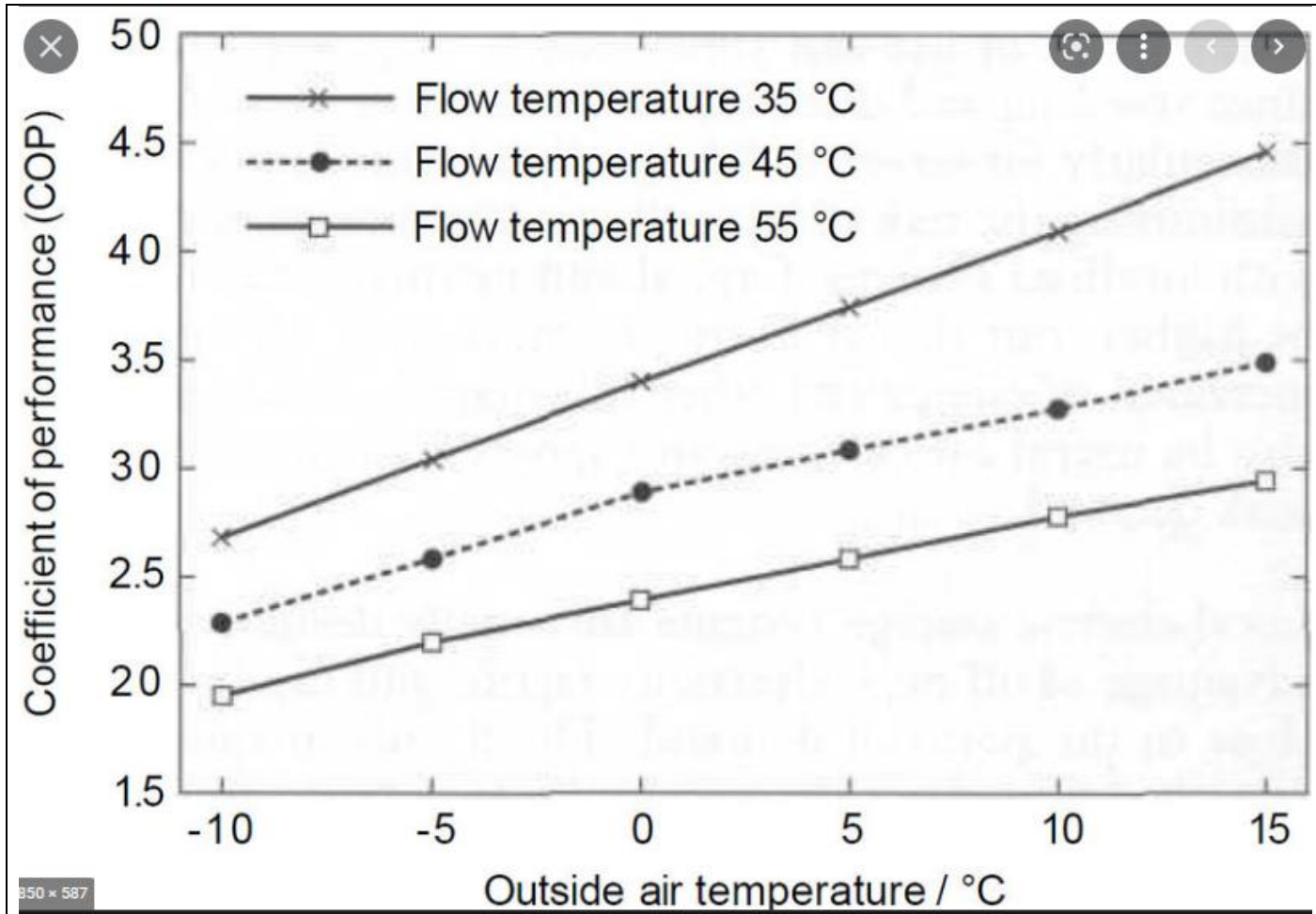
Investicija #2: šilumos siurblys

- Tarkime, kad iki šiol (apyseniame, vidutinio dydžio) name naudojote dujinį katilą, ir per metus šildymui sunaudodavot **2000 m³ dujų**. Kadangi $1\text{m}^3 = 10\text{ kWh}$, tai yra visi 20 000 kWh.
- Šilumos siurblys su, tarkim, vidutiniu 3:1 efektyvumu jums 20 000 kWh šilumos pagamins sunaudodamas beveik **6700 kWh**. Va ir panaudojot „atliekamą“ elektros energiją ir **net nemažai pritrūkot**.
- **HP efektyvumas** paprastai yra mažesnis (3 pav. žemiau). Jis neigiamai susijęs su:
 - **lauko** temperatūra ir;
 - **termofikacinio vandens** tikslo temperatūra.

- Prie žemesnės nei -10°C lauko temperatūros, vis labiau šildotės **tarytum elektriniu radiatorium**, o tai jau brangoka¹ dėl fakto, kad elektros kWh kaina yra 15ct/kWh, o dujų – apie 6ct/kWh, jei dujos kainuoja 60ct/m³.

- Dėl šių priežasčių apsvarstykite **dujinio katilo pasilikimo variantą**, jei jau jį turėjote:
 - tuo negausite APVA paramos (tarkim, 2 000€);
 - bet turėsit paralelinę, **atsarginę šildymo sistemą**;
 - nereiks pirkti karšto vandens **boilerio**, jei vandenį šildėt dujomis (tam paprastai tereikia 10 m³ dujų per mėnesį).

¹ Apie naftos paritetą – žemiau.



Pav. 3. Šilumos siurblio efektyvumo koeficientas.



Pav. 4. Šilumos siurblio oras – vanduo išorinis modulis.



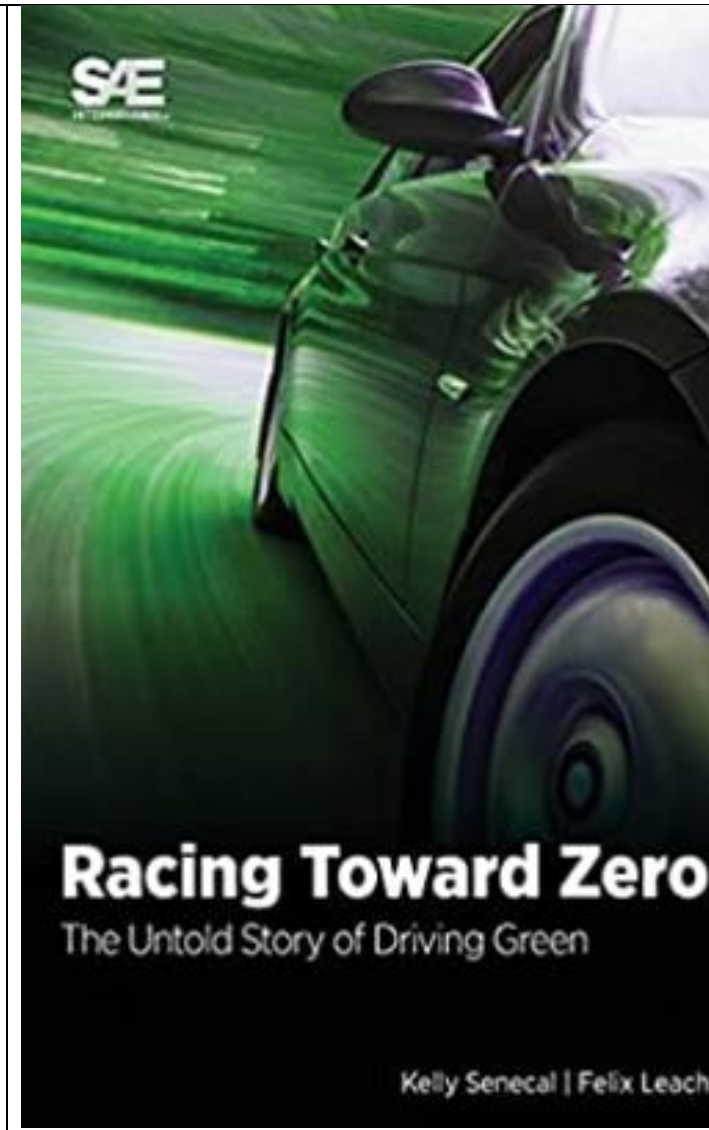
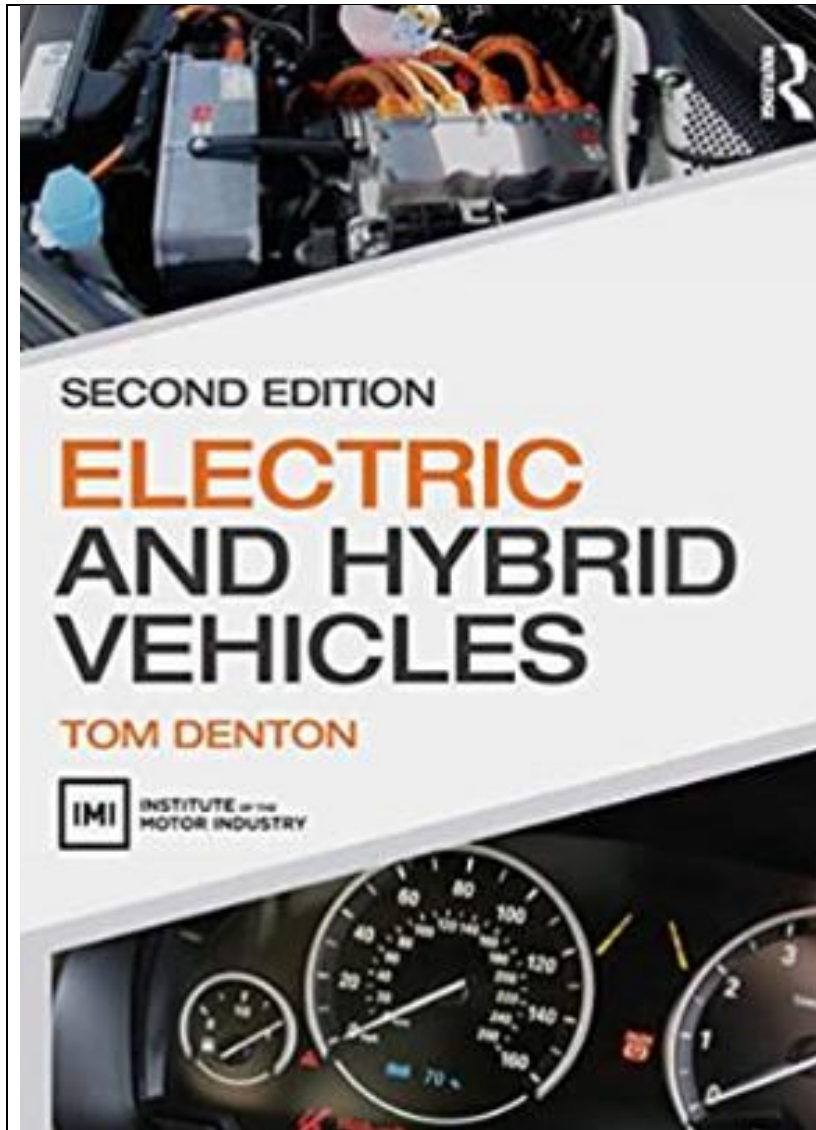
Pav. 5. Šilumos siurblio oras – vanduo vidinis modulis.

Investicija #3: elektromobilis

- **Koks EV.** EV (electric vehicle, EV) gali būti:
 - **elektrizuoti:**
 - **tradiciniai** hibridai (regeneruojantys energiją iš stabdymo) ir;
 - iš elektros tinklo **įkraunami** (plug-in) hibridai (PHEV);
 - **elektriniai:**
 - EV su **baterijom** (BEV).

- PHEV paprastai turi iki 20 kWh talpos baterijas, o BEV – apie 100 kWh.
- Šioj prezentacijoje nesvarbu, kokį turite – skiriasi tik **krovimo dažnumas**. Žinoma, BEV paprastai sunkesni dėl baterijų, bet tai ignoruosime.

■ **Ką skaityti.** Siekiant turėti protingo dydžio prezentaciją, tenka nukreipt skaitytoją į žemiau parodytas **knygas** apie EV. Pirma, daugiausiai apie jų **fiziką/inžineriją**, antra – daugiau **ekonomiką**. Mus dabar labiau domina pastaroji tema, tad ir eikime prie jos.



- **Ką turėjot.** Tarkim, kad turit vieną (kelis) benzininį/dujinį ar dyzelinį auto ir nuvažiuojat su juo (jais) 20 000 km. per metus. **Kiek kuro** sunaudosit?

$$\text{kuro suvartojimas per periodą} = \frac{\text{km viso per periodą}}{\text{vartojimas}/100\text{km}}$$

- Pavyzdžiui, su 10 litrų/100 km ir 20 000 km/metai:

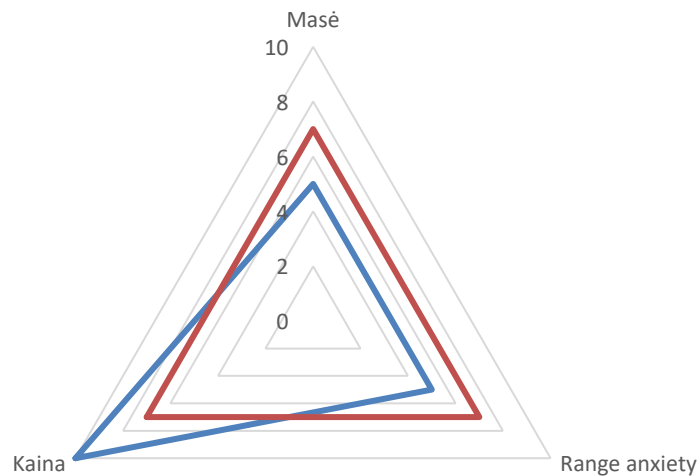
$$2000l = \frac{20000 \text{ km}}{10l/100\text{km}}$$

- Metinė **vertė** šio kuro (jei kaina 1,5€/l) bus **3000€**.

- Be to, **dar kokį 1000€** išleisite tepalų, stabdžių kaladėlių ir t.t. keitimui, greičių dėžių remontui ir pan. Viso to iš esmės nereikia EV. [Juos irgi reikia remontuoti, bet ne šitose vietose.]
- 4000€/12 mėn. = 333€/mėn. Už tokios eilės skaičių (truputį pridėję) jau galite **lizinguotis** EV. Nepamirškite, kad lizingo **anuitetas jau apima ir pagrindinės sumos gražinimą, ne tik palūkanas**, kurios labiau susijusios su sutaupymų dėl perėjimo prie EV analize.

Iš reklamos. Perkant naują [nebrangaus EV] **panaudos nuomos** sąlygomis mėnesio įmoka yra **349 €**, turto kaina yra **34 990 €** su PVM, pradinė įmoka yra 20 %, likutinė vertė 25 %, metinė palūkanų norma 1,51 % + 6 mėn. EURIBOR.

EV kompromisai (trade-offs)



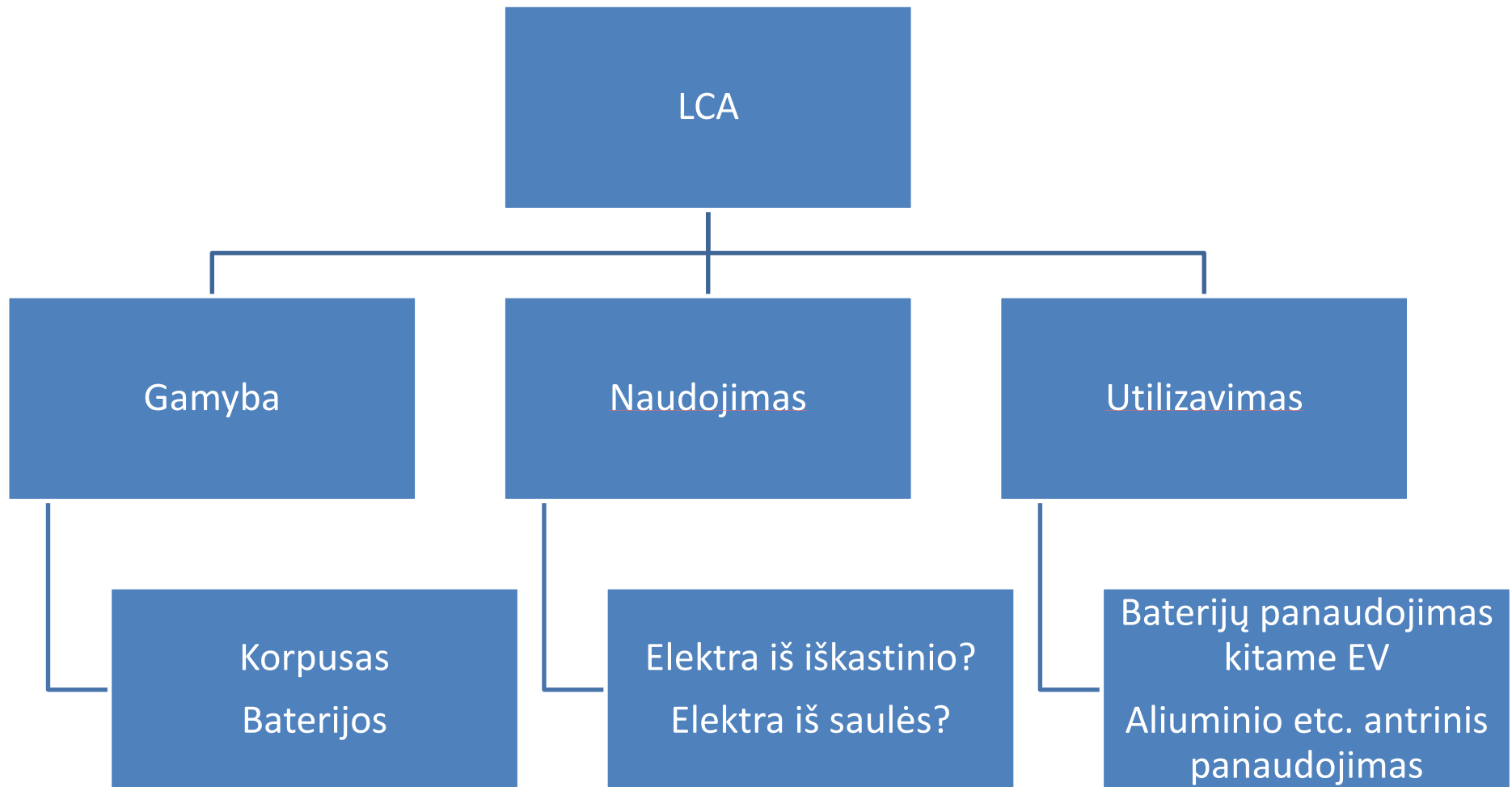
Pav. 6. Pagrindiniai kompromisai, susiję su EV: kuo mažesnis nerimas dėl nuvažiuojamo atstumo (range anxiety) (naudojant 25 kWh/100 km), tuo didesnės baterijų talpos reikia, tuo brangesnė mašina (150€/kWh baterijų talpos), ir tuo ji sunkesnė (140 W/1kg, jei ličio-jonų. Vien 100 kWh baterija svers 700 kg).

EV ekonomika

- EV ekonomika iš esmės **remiasi 3 ramsčiais**:
 - **efektyvumu** Antrojo termodinamikos dėsnio (Sadi Carnot, entropijos, exergy) kontekste;
 - **mokesčių** sistemos ypatybėmis;
 - **naftos pariteto** pažeidimais.
- Tuoju prie to grįšim, bet pradėkim nuo **žaliojo smegenų plovimo** (greenwashing),
- **Ekologija**. EV dažnai gamintojų vadinamas **Zero emission vehicle**, kas nėra tiesa, nes EV didelė dalimi perkelia **emisijas kitur**:

- juos **gaminant** (ypač baterijas ir aliuminio korpusus) sunaudojama nemažai iškastino kuro. Kiek tiksliai šiltnamio dujų išmetama gamybos procese, atsako pirma dalis **gyvenimo ciklo analizės** (life-cycle analysis, LCA) (pav. žemiau);
- jei jie naudoja **elektrą, pagamintą iš iškastinio kuro**, tai jie tiksliau vadintini **EEV** (Emissions elsewhere vehicles);
- tik jei tą elektrą pasigaminote **patys saulės elektrinės pagalba**, jūsų EV bus **gana žalias**. Tiesa, PV gamybai irgi buvo naudotas iškastinis kuras;
- yra ir EV (ir PV) **utilizavimo** problemos. Jos bus mažesnės, jei iš naujo panaudosim baterijas kitame EV ir/ar perdirbsim korpuso aliuminį².

² Aliuminis santykinai lengvas, tad naudojamas palengvinti EV masę, kuri didėja dėl sunkių baterijų. Tas didina EV savikainą, nes aliuminio gamybai reikia santykinai daug energijos.



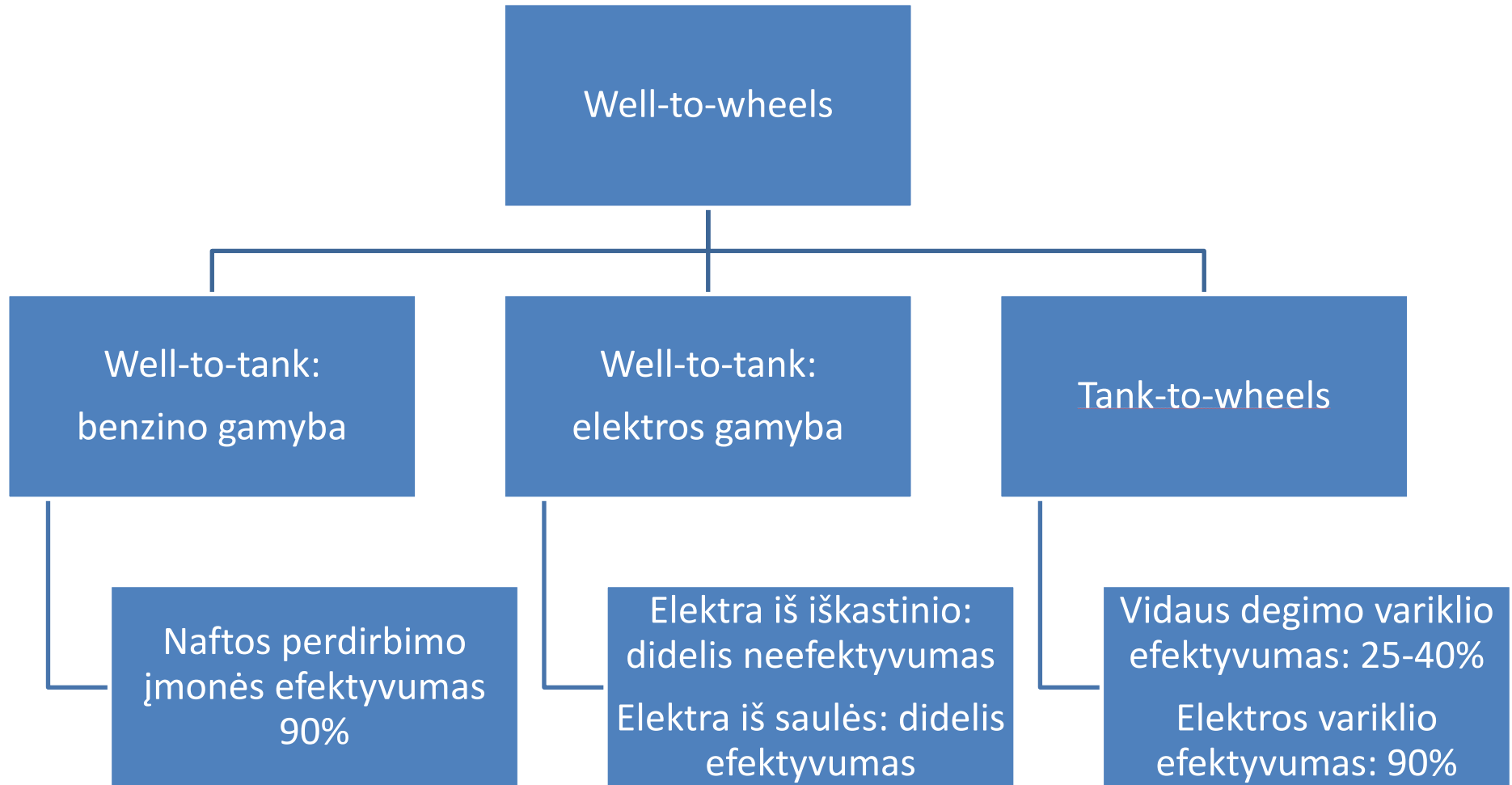
- Grįžkim prie **efektyvumo** ekonomine ir fizikine prasme (jos susijusios, aišku). Pradėkim nuo fizikos.

Antrasis termodinamikos dėsnis (The Second Law of Thermodynamics) is a physical law of thermodynamics about heat and loss in its conversion. It can be stated in various ways, the simplest being:

Not all heat energy can be converted into work.

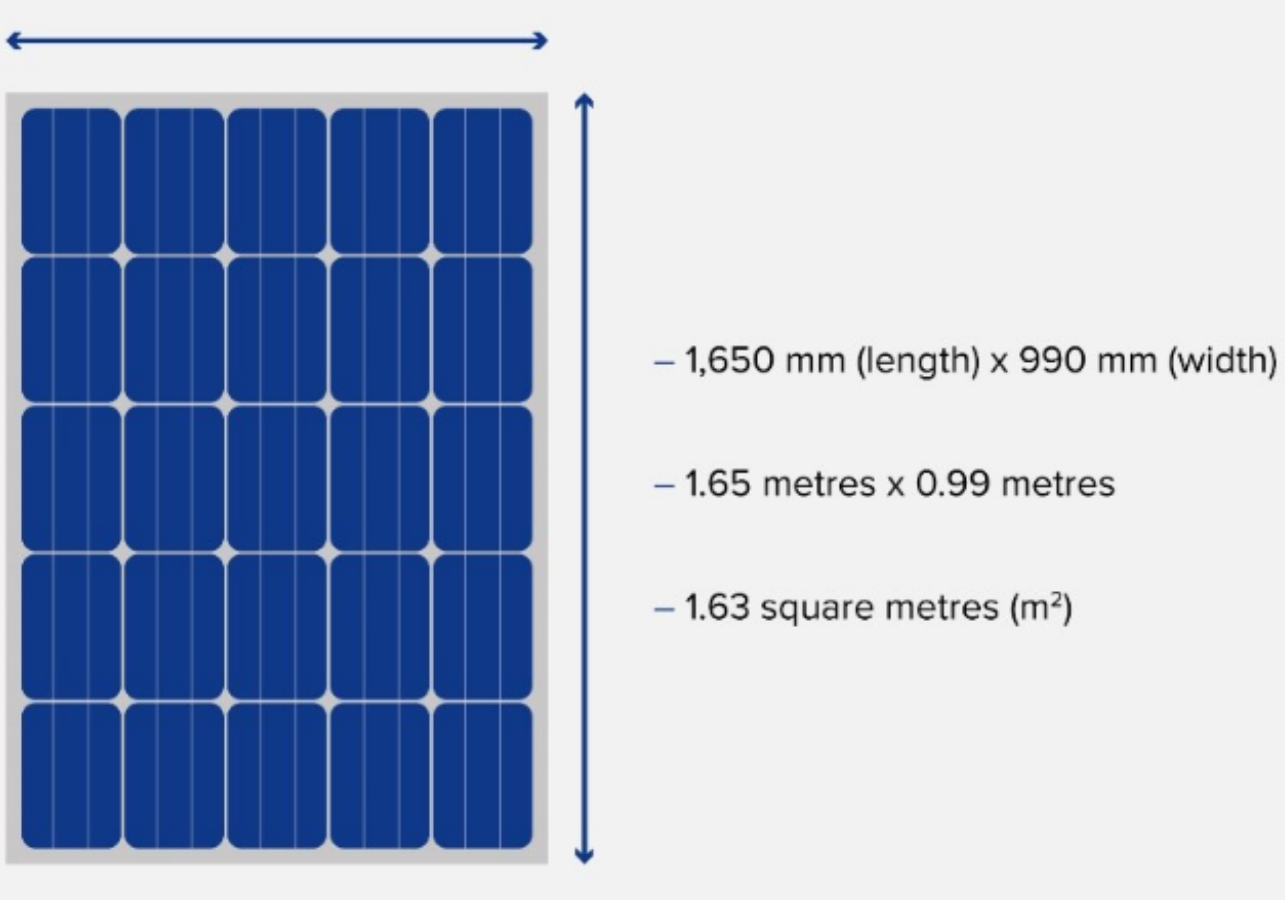
https://en.wikipedia.org/wiki/Second_law_of_thermodynamics

- Efektyvumo analizė kuro gamyboje ir jo deginime (cheminės energijos virtimo kinetine/mechanine) turi 2 dideles sudėtines dalis:
 - **well-to-tank;**
 - **tank-to-wheels.**



- Kaip matome paveiksle:
 - **EV yra efektyvus versdamas elektros energiją mechanine**, bet didelis **neefektyvumas jam reikalingos elektros gamyboje**, nes ji pasaulyje vis dar didesne dalimi gaminama iš iškastinio kuro šiluminėse elektrinėse (galimai kombinuoto ciklo – elektros ir šilumos (CHP));
 - tradicinėse mašinose su **VDV** (internal combustion engine, ICE) yra priešingai;
 - štai kodėl EV kol kas nėra didelė panacėja kovoje su klimato kaita.

- Bet jei EV krauname namų ūkyje su PV:
 - iš esmės **išvengiame well-to-tank neefektyvumo**;
 - [suprantame, kad, griežtai kalbant, PV nėra efektyvus saulės (fotovoltinės) energijos pavertimo elektros energija būdas – Saulė Žemėn siunčia apie 1,3 kW/m², bet PV panelė (kuri yra 1,6 m², “pasiima” tik 350-400 W. Tad efektyvumas 2 TDD prasme yra apie 25%.]



The diagram shows a rectangular PV panel with a grid of 25 blue cells (5 rows by 5 columns). A horizontal double-headed arrow above the panel indicates its length, and a vertical double-headed arrow to the right indicates its width. To the right of the panel, three lines of text provide the dimensions and area in different units.

- 1,650 mm (length) x 990 mm (width)
- 1.65 metres x 0.99 metres
- 1.63 square metres (m²)

Pav. 7. PV panelės standartiniai išmatavimai

■ **Obuoliai su obuoliais.** Visos šios išangos apie efektyvumus reikėjo, kad galėtume lyginti auto su VDV ir EV **energijos sąnaudas korektiškai.**

■ Ką reiškia korektiškai? Svarbu, kad **galia, paduodama į ratus, būtų ta pati.** Tarkim, abu lyginamieji auto važiuoja tolygiai 100 km nuo Vilniaus iki Kauno:

- VDV auto, naudojantis 10 l/100 km kuro (10 l = 100 kWh) ir turintis 25% efektyvumą, į ratus duos **25 kW**;
- todėl palyginimui reikia EV, kuris duoda tą patį **25 kW** galią.

Auto su VDV kuras šioje 100 km distancijoje jums kainuos: $10 \text{ l} \cdot 1,5 \text{ €/l} = \mathbf{15\text{€}}$.

EV “kuras” kainuos (jei iš tinklo³, ir ignoruojant nedidelį tank-to-wheels neefektyvumą): $25 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ €/kWh} = \mathbf{3,75\text{€}}$.

³ Jei pasigaminot patys, tai irgi nebus 0€, nes yra pačių pasigamintos elektros alternatyviniai kaštai.

■ **Kodėl toks didelis skirtumas.** 15€ *versus* 2,5€ yra **4 kartus** skirtumas. Kodėl tiek daug:

■ **akcizų politika:**

- degalai jais apmokestinami, o elektra – ne. Elektros gamybai naudojamas iškastinis kuras irgi (paprastai) neapmokestinamas akcizais, nors CO₂ mokesčiais – vis labiau taip;
- PV elektra neapmokestinama nei akcizu, nei CO₂ mokesčiu.

■ apie **2TDD efektyvumų skirtumus** jau kalbėjom;

■ **oil to ... parity** (žr. intarpą) pažeidimai – elektra gali būti gaminama iš dujų, kurios dažnai kainuoja **kelis kartus mažiau naftos pariteto**, todėl vien dėl to bus santykinai pigesnė už degalus.

Oil to ... parity:

Gas price parity is defined (as a percentage) as the relationship between gas prices compared to oil prices.

Parity = Gas Price divided by oil price · conversion factor

When oil is at \$100 a barrel, gas price parity with oil would equate to around \$17.2 per million British thermal unit of natural gas.

- **Kiek elektros ir € per metus EV-ui.** Jei nuvažiuojate per metus 20 000 km, tai:
 - iš viso elektros sunaudosite **5000 kWh**. [Sunaudosit **daugiau** – kondicionieriui/pečiui, šviesoms, audio/video reikalams, bet dabar kalbam apie ratų sukimą.];
 - iš viso elektra jums kainuos gana nedaug – kaip kokie 5 bakai benzino:

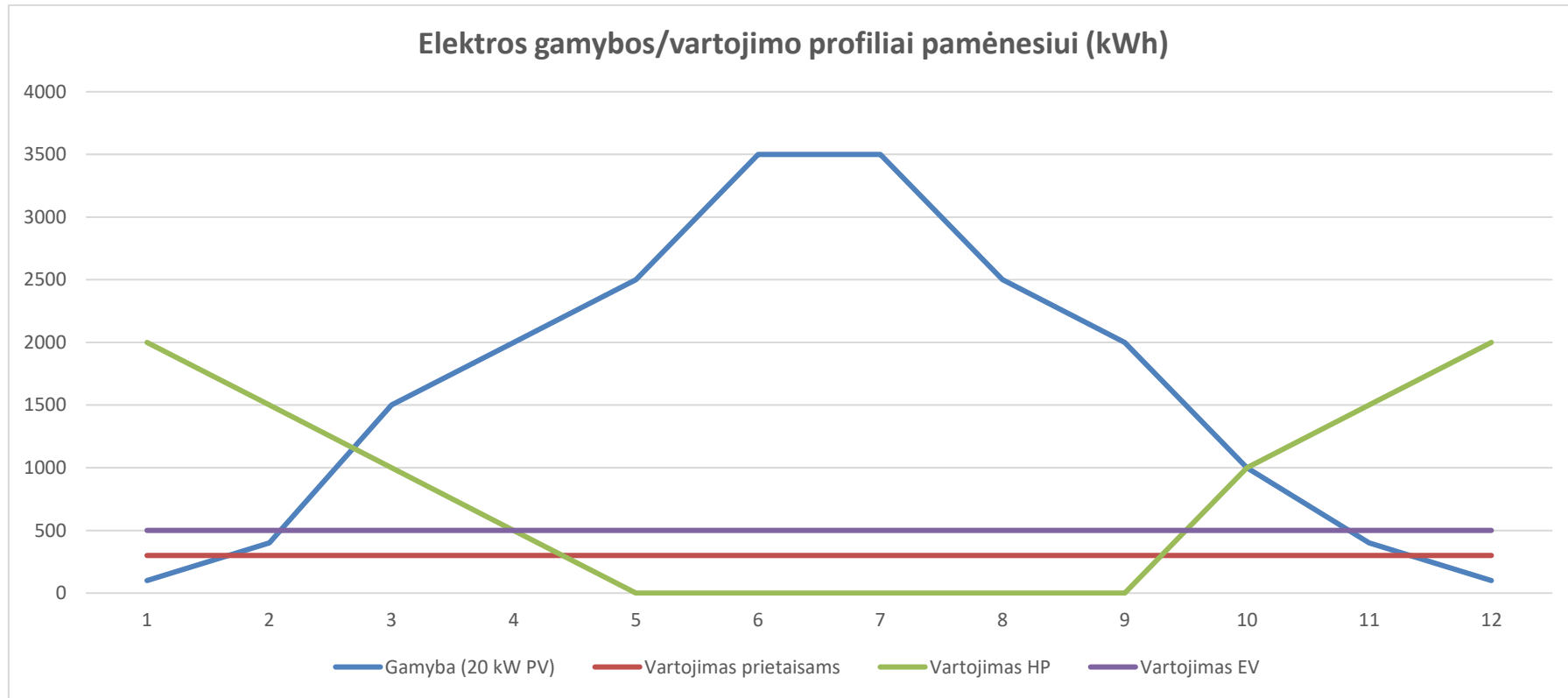
$$20000 \text{ km} \cdot 3,75\text{€}/100 \text{ km} = \mathbf{750\text{€}}.$$

- **Benzinui gi...** $20000 \text{ km} \cdot 15\text{€}/100 \text{ km} = \mathbf{3000\text{€}}$.

- **Dar PV EV-ui.** Geriausia tuos **5 000 kWh** pasigaminti namie su PV elektrine ir krautis irgi namie⁴. Bet tam:
 - jums reikės instaliuoti **dar apie 5 kW PV**. Turbūt protingiau iš karto 10 kW, nes, prisiminkite, jums kelių tūkstančių kWh **trūko ir šilumos siurbliui**. Be to, tai ir rimta **masto ekonomija** statymo ir inverterio kaštuose;
 - bet neužmirškite, kad jūsų ribojimas yra **ESO** atsakymas. **Greito (AC) krovimo stotelės** (kuri su pastatymu kainuos iki **1 000 €**), maksimali galia yra **>10 kW**.
- **Apibendrinimas.** PV EV apsimokės labiau, jei:
 - važinėjat **netoli namų** (į darbą) ir nereikia krautis iš komercinių elektros stotelių;
 - **krausitės, kai pas jus šviečia saulė** – nereiks elektros atiduot pasaugojimui;

⁴ Žmonės šneka, kad tą pačių pasigamintą energiją galima pasiimt ir Lietuvoj esančiose Igničio EV krovimo stotelėse. Netikrinau, bet būtų logiška.

- Jei turit tolimesnių kelionių, dažnas sirgs **atstumo nerimu** (range anxiety) ir norėsis turėt atsarginį ICE automobilį, su visom su tuo susijusiomis išlaidomis. Nes vis dar yra rimtų problemų dėl **krovimo infrastruktūros**.




	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	VISO	
Gamyba (20 kW PV)	100	400	1500	2000	2500	3500	3500	2500	2000	1000	400	100	19500	
Vartojimas prietaisams	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	3600	
Vartojimas HP	2000	1500	1000	500	0	0	0	0	0	1000	1500	2000	9500	Viso sau
Vartojimas EV	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6000	19100
Atidavimas Igničiui													6435	

Nuo namų ūkio prie makro (nacionalinių) skaičių

- Beveik pilnai išlaisvint namų ūkį nuo iškastinio kuro kainuoja **ne taip mažai**. Laimei, bankai jau skolina tokiems energetinio efektyvumo projektams.

Kam	Kiek
10 kW PV prietaisų elektrai ir HP-ui (su APVA parama)	6 000€
HP (be APVA paramos)	7 000€
10 kW PV (be APVA paramos) HP-ui ir EV-ui	9 000€
EV (atėmus 5000€ APVA paramą)	45 000€
EV krovimo stotelė	1 000€
<u>VISO</u>	<u>68 000€</u>

Hyundai IONIQ 5



49 990 € Nuo

49 990 € Nuo 484 € mėn.

Modelio duomenys ▾ Konfigūradorius

Pav. 8. Populiarus šeimyninis EV (krosoveris, pavyzdys, ne reklama).

■ Bet mainais:

- imsit taupyti po kokius **4-5 tūkstančius € per metus** (žr. apibendrinančią lentelę žemiau). Vėlgi, grąža yra santykinai nebloga, turint omenyje 0% už indėlius etc.;

- gausit **pasitenkinimą** iš to, kad (beveik) nebešeriat visokių pasaulio režimų ir agresorių. [Maitinsit bankininkus, jei nuo to ramiau:]);
- paremsit **LT ekonomiką importo pakeitimu**;
- apsaugosit **šeimoms biudžetą** ir nervus nuo energijos **kainų svyravimų** ir (kažkiek) **tiekimo pertrūkių** – kai kurie **dvipusiai (V2H) EV** (pavyzdžiui, Ford F150 Lightning, Hyundai Ioniq 5) leidžia naudoti savo **baterijas užmaitinant namą** (ne šilumos siurblių, aišku, bet jo ir reikia tik žiemą) **beveik savaitei**;
- prisidėsit prie **klimato kaitos** tikslų siekimo – planetą gi perduosit vaikams.

Namų ūkio energijos balansas					
	Mat. vnt.	Parametrai		IKI	PO
ELEKTRA					
Elektros gamyba	kWh/y	20	kW	0	20000
<u>Vertė</u>	€/y	0,15	€/kWh	0	3000
Elektros vartojimas iš tinklo				3000	0
<u>Vertė</u>	€/y	0,15	€/kWh	<u>450</u>	
ŠILDYMAS					
Dujų vartojimas	kWh/y			20000	0
<u>Vertė</u>	€/y	0,06	€/kWh	<u>1200</u>	
AUTO					
Degalų vartojimas	kWh/y	20000	km/y	20000	0
		10	l/100 km		
<u>Vertė</u>	€/y	0,15	€/kWh	<u>3000</u>	
<u>VISO SUTAUPYMŲ VERTĖ</u>				<u>4650</u>	

■ **Makro.** Kaip tokie skaičiai **mikro** lygyje išvirsta į **makro**? Čia reikalai atrodo **liūdniau**:

- vien 1 000 000 LT mašinų pakeist EV reikia:

$$= 1 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^3 = 50 \cdot 10^9 = 50 \text{ mlrd. €}.$$

"A billion here, a billion there, and pretty soon you're talking real money."

JAV senatorius Everett McKinley Dirksen

■ **Rimti pinigai:**

- 50 mlrd. € yra beveik **metinis LT BVP!** Net jei tokią investiciją darytume 10 metų, tai vis tiek po 10% BVP kasmet tektų tam skirt. Paprastai bendros šalių

investicijos būna apie 20% BVP, apimant fabrikus, jų įrengimus, gyvenamuosius ir komercinius pastatus, kelius etc.;

- laimei, namų ir daugiabučių yra gerokai mažiau nei mašinų, o ir investicijos į elektros/šilumos ūkį vienam ūkiui gerokai mažesnės,

■ Kiti apribojimai:

- **gamyba**: ne mes vieni pasaulyje gyvenam, tad pagaminti tiek PV, HP, EV yra rimtų reikalų – **butelio kakleliai** (supply bottlenecks). Ypač jei norim greitai;
- **globaliniai žaliavų apribojimai**: baterijoms gaminti reikia nemažai **retųjų metalų** (nikelis, litis etc.). Jei paklausa jiems dar padidės, tai bus jų trūkumas ir kainos šoks. Didžiosios valstybės (Kinija etc.) dėl jų mušasi Afrikoje ir pan.;
- **instaliavimas**: instaliuoti PV ar HP užima dviem žmonėms po 3 dienas. Tų inžinerinių/fizikinių išsilavinimą žmonių yra santykinai nedaug. Jau dabar maždaug po pusmetį reikia laukti PV projekto pradžios.

- **Kiek reikės elektros EV.** LT metinis elektros vartojimas yra > 10 TWh/y. Milijonui EV, vidutiniškai nuvažiuojantiems 10 000 km su 25 kWh/100 km, papildomai reikėtų ketvirtadalio šalies elektros vartojimo:

$$1 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^4 \text{ km} \cdot 25 \text{ kWh} \cdot 10^{-2} \text{ km}^{-1} = 2,5 \text{ TWh.}$$

- **Išlaidos elektros sistemos plėtrai.** Žinoma, kad toks papildomas elektros poreikis pareikalaus milijardinių visuomenės investicijų į sistemos pertvarkymą, galių didinimą ir t.t.

IŠVADA

Lengva ir pigu nebus, viskas truks gana ilgai, bet kitos alternatyvos nėra (nesimato).
Visos ilgos kelionės prasideda nuo pirmo mažo žingsnio. Banalu, bet tiesa.

Auto energetika arba ekologinis vairavimas, nešeriant agresorių

■ Esmė trumpai:

- iš **fizikos**: degalų sunaudojimas yra greičio kvadrato funkcija (žr. pav. žemiau);
- mūsų tautiečių **sutaupytas laikas**, greičiau važiuojant, **tiek nevertas**, kiek sunaudojam papildomai degalų (žr. išrašą iš FB);
- taip darydami, **kenkiam** savo namų ūkio finansams, LT ekonomikai (naftą importuojam), padedam **agresoriams**.

Rolling resistance and Air resistance

The rolling resistance F_r is written as

$$F_r = C_r \times m g,$$

with C_r being the rolling resistance coefficient, m the mass and g the acceleration due to gravity. This resistance is mainly due to the fact that the force needed to compress rubber is larger than the force which is delivered by the rubber as it tries to bounce back to its original form (in terms of physics: the closed integral $F \cdot dS$ is not equal to zero). The energy 'lost' in this process is released as heat.

The air resistance or 'drag' F_d is proportional to the square of the speed v . We may derive directly from Bernoulli's law ($p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constant}$, where p is the pressure and ρ the mass density of air) that the pressure right in front of a flat plate, where $v = 0$, must be equal to $\frac{1}{2} \rho v^2$. Consequently, the force on such a plate is $A \times \frac{1}{2} \rho v^2$ where A is the area of the plate. However, most objects have some level of streamlining, which reduces that force, or resistance. This is expressed in the 'drag coefficient' C_d . So, the air resistance on an object with a frontal area of A becomes

$$F_d = C_d \times A \times \frac{1}{2} \rho v^2.$$

The value of C_d is around 0.25 for late-model cars. The lower limit for the ideally streamlined vehicle, which basically corresponds to the shape of a fish or a teardrop, is 0.05.

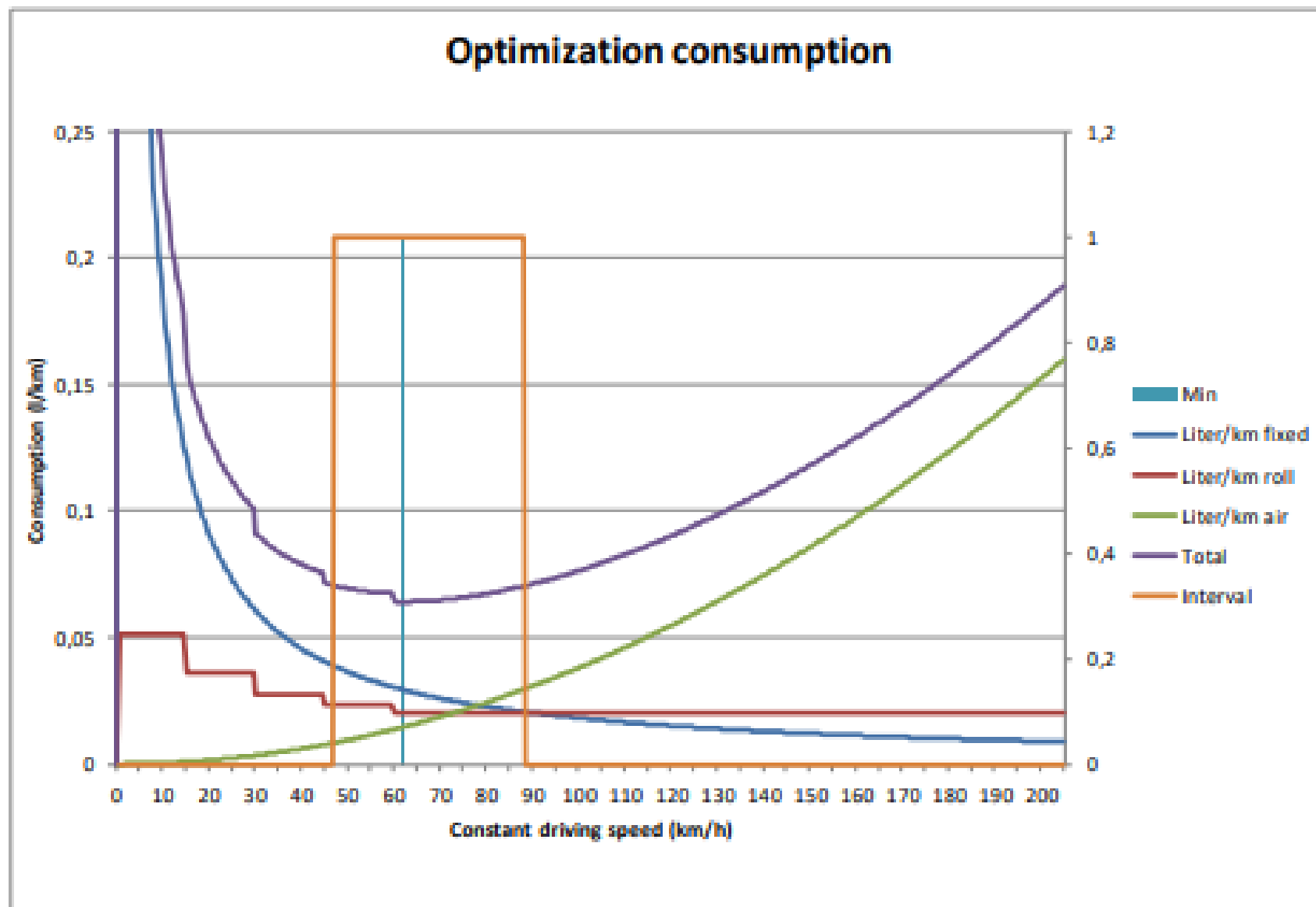
Although the value of C_d is not quite independent of speed, we may consider it as a constant for the relevant speed range.

From resistance to fuel

The graph on page 52 shows the behaviour of rolling resistance and air resistance (or drag) as speed increases, for a relatively light and poorly streamlined car. The equations for the two kinds of resistance are provided in the box 'Rolling resistance and Air resistance' on page 51. The values used in this figure are: mass 1,000 kg; rolling resistance coefficient $C_r = 0.01$; drag coefficient $C_d = 0.4$; frontal area $A = 2 \text{ m}^2$.

We notice that for this car, the two types of resistance are equal at 50 km/h. For a heavier and/or more-streamlined car, the two curves cross at a higher speed. Incidentally, for a cyclist, that crossing point is at circa 15 km/h.

Note that the unit on the vertical axis is the unit of force: newton. This is a direct measure of energy consumption, which is easy to see. Given $Work = Force \times Distance$, it follows that $Force = Work \text{ per unit distance}$, i.e., $1 \text{ N} = 1 \text{ J/m}$. At 100 km/h for example, we find from the graph that for this car it is 500 newtons, or 500 joules per metre, or 500 kilojoules per km. But this is the *mechanical* energy. At an estimated engine efficiency of 20%, this translates into a *total* energy use of 2,500 kJ/km. Because oil and petrol have a combustion value of about 40,000 kJ per kg, this amounts to 6.3 kg per 100 km, or a fuel consumption rate of 7 litres per 100 km.



**Raimondas Kuodis**

31 March · 🌐



Kad susisiektų ir aplinkos ministrai su bloga greičio politika mordorą šeria ir LT ekonomiką skandina rašau jau apie dešimt metų.

Atrodė, kad karas prieš Ukrainą ką nors pakeis.

Nors net IEA (International Energy Agency) pirmu numeriu (!) ką tik pateikė rekomendaciją mažinti greitį magistralėse, pas mus reikalai tik BLOGINAMI - greitis bus net didinamas.

...

Kokia klausimo ekonomika? Reikia palyginti dėl didesnio greičio sutaupomą laiką su kuro sąnaudom (ir su tuo susijusia tarša bei geopolitinėmis pasekmėmis):

- jei uždirbate apie €1600 per mėnesį, tai per valandą gaunate €10 (nes dirbate 20 dienų po 8 val.);
- transporto ekonomikoje yra konvencija, kad keliuose sutaupytos valandos vertė yra pusė valandinio DU, t.y. €5;
- tarkim, kad minimalaus kuro suvartojimo greitis yra 100 km/h (greičiausiai 90 km/h, bet tiek to);
- jei pradėdat važiuoti ant 130 km/h, važiuosit ne 1h, bet 0.77 valandos, ko vertė bus €1.15 (23% nuo €5);
- tarkim, kad ant 130 km/h kuro suvartosit bent 2 litrais daugiau, nei ant 100 km/h. Pavyzdžiui, 9 litrus vietoj 7 litrų [Prisiminkit, kad kuro sąnaudos yra greičio kvadrato funkcija.];
- to kuro vertė bus bent €3.
- grynasis nuostolis jums asmeniškai bus €3 - €1.15;
- jei lėksit greičiau ir/ar uždirbat mažiau, reikalai tik blogės - ribinis laiko sutaupymas bus vis mažesnis, o kuro sunaudojimas, primenu, didėja eksponentiškai;

- šitie pinigai eina mordorui už naftą, jų nelieka LT ekonomikoje, tai gausit ir makro pasekmes savo elgsenos.

...

Pamanykit, kas čia tokio tie keli eurai. Bet padauginkit tai iš keliasdešimt tūkstančių mašinų VNO-KUN kasdien, tada iš 365 dienų ir nepamirškite, kad yra daugiau ir ilgesnių magistralių Lietuvoje.

Va jums 100 milijonų. Ir tai kasmet. Ir čia be išgelbėtų gyvybių, turto ir sveikatų. Ir akustinės taršos. Ir be kelininkų įsisavintų šimtų milijonų (per tunelius tarp kelių namų ir pan.).

...

Tais šimtais milijonų kasmet bereikalingai šeriam mordorą, kuris žudo Ukrainą, ministrai.

Ir dar kiek bereikalingai išmetam CO₂, NO_x, PM, CO, aplinkos ministre.

...

Viso to nebūtų, jei Lietuvoje būtų įteisinta KNA. To nėra irgi.

Išvada: gal galim turėt geresnius ministrus minėtose ministerijose?

P.S. Klausimą galima ir apverst. Tarkim, jei VNO-KUN būtų galima nusipirkt vienkartinę 130 km/h galimybę vietoj 100 km/h, kiek € sutiktumėt mokėt?

[#ec101](#)

Verte (deģalys ir laiks)

